Journal of Water and Soil
https://jsw.um.ac.ir

Research Article
Vol. 38, No. 2, May-June 2024, p. 207-221

Effect of Mole Drainage and Nitrogen Fertilizer on the Yield and Yield Components of Rapeseed as a Second Crop of Paddy Fields in Rasht Region

E. Karamian[1], M. Navabian[2], M.H. Biglouei[3*], M. Rabiee[4]

1 and 3- Master's Student and Associate Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran, respectively.
2- Associate Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran & Department of Water Engnieering and Environment, Caspian Sea Basin Research Center, University of Guilan, Rasht, Iran
(*- Corresponding Author Email: biglou@guilan.ac.ir)
4- Researcher of the Country Rice Research Institute, Rasht, Iran

Received: 21-01-2024 Revised: 18-04-2024 Accepted: 20-04-2024 Available Online: 20-04-2024	**How to cite this article:** Karamian, E., Navabian, M., Biglouei, M.H., & Rabiee, M. (2024). Effect of mole drainage at different levels of nitrogen fertilizer on the yield and yield components of rapeseed as a Second Crop of Paddy Fields in Rasht region. *Journal of Water and Soil, 38*(2), 207-221. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jsw.2024.86500.1374

Introduction

Many agricultural lands in Guilan province of Iran, especially paddy fields, remain uncultivated in the second half of the year due to various reasons including heavy rainfall, low soil permeability (stickiness of soil particles) and inefficiency of the existing drains. Mole drainage as a low-cost drainage method, proportion for rice cultivation conditions and easier to implement than pipe drainage, can be a suitable solution in the development of second cropping. Due to the oil content of 40% of the seed, the rapeseed plant is one of the valuable oil plants and has the ability to be cultivated as a second crop in paddy fields. Nitrogen plays a key role in the performance of plants and its deficiency causes limitations in plant production. Equipping paddy fields with mole drains along with the application of appropriate level of nitrogen fertilizer can increase the quantitative and qualitative yield of rapeseed as a second crop and contribute to the food security of the country. Therefore, the development of the cultivated area of rapeseed in paddy fields after rice harvesting in Rasht region, the study of the combined effect of mole drainage and different levels of nitrogen fertilizer on yield and yield components were the aims of this project.

Materials and Methods

In order to investigate the effects of mole drainage and nitrogen fertilizer on the yield and yield components of rapeseed as a second crop in Rasht rice fields, a factorial layout based on a randomized complete block design with three replications at the research field of the Faculty of Agricultural Sciences of Guilan University was implemented in the crop year of 2022-2023. The factors included mole drainage at three levels (without drainage, without gravel and with gravel) as D0, D1 and D2 respectively, and nitrogen fertilizer as urea source at two levels (180 and 240 kg ha^{-1}) as N1 and N2 respectively. Rapeseed plant (*Brassica napus*) of Delgan cultivar was selected as the second crop after rice harvest. To carry out the experiment, at first the desired land was blocked and divided into plots, then the underground drains of mole were created without gravel and with gravel with a special blade in the desired plots. To drain the drainage from the mole drains, the polyca pipe was installed at the end of each mole tunnel, then the other side of polyca pipe was connected to the sub-pipe collection and finally led to the main surface drain. This experiment was conducted in 18 plots and each one was 9 × 6 meters. The distance between plots was 1.5 m, between replications was two meters, and the distance between plants was 15 and between rows was 25 cm. To avoid the effectiveness of drainage treatments from undrained treatments, undrained plots were considered at the end of the field. Before

https://doi.org/10.22067/jsw.2024.86500.1374

cultivation, basic chemical fertilizers, 200 $kgha^{-1}$ of potassium from potassium sulfate source and 200 $kgha^{-1}$ of phosphorus from ammonium phosphate source were applied. Nitrogen fertilizer from urea source was applied at the level of 180 and 240 $kgha^{-1}$ in equal amount at three stages. Just before the harvest stage, to determine the traits of the number of seed in the pods of sub-branches, the number of seed per pod, the weight of seed in sub-branches, the weight of seed in the main branch and the weight of seed per plant, ten plants were randomly selected and harvested manually from the crown area. Also, to determine the seed yield, one square meter was randomly selected from each plot, taking into account the borders, and the bushes were manually harvested from the crown area. After the moisture content of the seeds reached the desired level, the seeds were separated from the pods and weighed using a laboratory scale with an accuracy of one thousandth of a gram, and the seed yield was calculated in $kgha^{-1}$. SOXTEC SYSTEM HT 1043 Extraction Unit set was used to determine oil percentage and Kjeldahl set was used to determine seed protein. Statistical analysis of the data was done using SAS software (version 9.4) and comparison of means was done using the minimum significant difference test at 5% probability level. Excel software was used to draw the graphs.

Results and Discussion

The results of variance analysis of the data showed that the interaction effects of mole drainage and nitrogen fertilizer on the traits of seed weight in the main branches, seed weight in the plant and seed yield was significant at 5% probability level, so that the highest seed weight in the main branch with 0.733 seeds in the mole drainage with gravel with a nitrogen fertilizer level of 180 $kgha^{-1}$ (D2×N1) treatment was obtained and the highest seed weight in the plant with 1.443 g in the mole drainage without gravel with a nitrogen fertilizer level of 240 $kgha^{-1}$ (D1×N2) treatment was obtained. Also, the highest seed yield was obtained under 3579.48 $kgha^{-1}$ in the treatment of mole drainage without gravel using 240 $kgha^{-1}$ of fertilizer (D1×N2) which is compared to the treatment of without drainage and drainage with gravel with the same level of fertilizer 13.63 and 2.31 percentage was higher, respectively. In addition, rapeseed plant is more important in terms of oil percentage, no significant difference was observed between drainage and nitrogen fertilizer treatments in terms of average oil percentage. Therefore, the mole drainage treatment without gravel with a fertilizer level of 240 $kgha^{-1}$ (D1×N2) is the most suitable option for rapeseed cultivation as the second crop after rice harvesting.

Conclusion

The results of this study showed that mole drainage without gravel by improving soil ventilation conditions and preventing waterlogging of paddy fields along with the level of nitrogen fertilizer of 240 $kgha^{-1}$ increased the yield of rapeseed compared to the condition of without drainage at the same level of nitrogen fertilizer. Therefore, rapeseed cultivation in vast paddy fields after rice harvesting can be recommended as a basic solution in order to increase the production of oilseeds and provide part of the country's oil consumption.

Keywords: Delgan cultivar, Number of seed in a pod, Oil percentage, Protein percentage, Seed weight

نشریه آب و خاک
https://jsw.um.ac.ir

مقاله پژوهشی

جلد ۳۸، شماره ۲، خرداد-تیر ۱۴۰۳، ص. ۲۲۱-۲۰۷

تأثیر زهکشی لانه‌موشی و کود نیتروژن بر عملکرد و اجزاء عملکرد کلزا به‌عنوان گیاه کشت دوم اراضی شالیزاری در منطقه رشت

ابراهیم کرمیان[۱]- مریم نوابیان[۲]- محمد حسن بیگلوئی[۳*]- محمد ربیعی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۰۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۲/۰۱

چکیده

به‌منظور بررسی اثر سامانه زهکشی لانه‌موشی و مدیریت کود نیتروژن بر عملکرد و اجزاء عملکرد کلزا، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان در سال زراعی ۱۴۰۲-۱۴۰۱ به‌مرحله اجرا گذاشته شد. کرت‌های اصلی تیمار زهکشی شامل: بدون زهکشی (D_0، شاهد)، زهکشی لانه‌موشی بدون گراول (D_1) و زهکشی لانه‌موشی با گراول (D_2) و کرت‌های فرعی تیمار کود نیتروژن از منبع اوره شامل: ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار (N_1) و ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار (N_2) بودند. گیاه کلزا (*Brassica napus*) رقم دلگان به‌عنوان گیاه کشت دوم بعد از برداشت برنج انتخاب شد. نتایج تجزیه آماری داده‌ها نشان داد که اثر تیمار زهکشی بر وزن دانه در شاخه فرعی و درصد پروتئین ($P\leq۰/۰۵$) و بر وزن دانه در شاخه اصلی، وزن دانه در بوته و عملکرد دانه ($P\leq۰/۰۱$)، و اثر تیمار کود بر تعداد دانه در غلاف شاخه فرعی و تعداد دانه در هر غلاف ($P\leq۰/۰۵$) و اثر متقابل آن‌ها بر وزن دانه در شاخه اصلی، وزن دانه در بوته و عملکرد دانه ($P\leq۰/۰۵$) معنی‌دار بود. بیشترین عملکرد دانه با ۳۵۷۹/۴۸ کیلوگرم بر هکتار در تیمار D_1N_2 بدست آمد که در مقایسه با تیمار بدون زهکشی و زهکشی با گراول با همان سطح کود نیتروژن به‌ترتیب ۱۳/۶۳ و ۲/۳۱ درصد بیشتر بود. از آنجا که گیاه کلزا از نظر عملکرد و درصد روغن اهمیت دارد و بین تیمارهای زهکشی و کود نیتروژن از نظر میانگین درصد روغن اختلاف معنی‌داری وجود نداشت، بنابراین می‌توان از دیدگاه عملکرد گیاه، تیمار زهکشی لانه‌موشی بدون گراول با سطح کود ۲۴۰ کیلوگرم بر هکتار را به‌عنوان گزینه مناسب برای کشت گیاه کلزا بعد از برداشت برنج معرفی کرد.

واژه‌های کلیدی: تعداد دانه در غلاف، درصد پروتئین، درصد روغن، رقم دلگان، وزن دانه

مقدمه

در دهه‌های اخیر، رشد جمعیت و افزایش تقاضا برای غذا (Ecker & Breisinger, 2012) نگرانی‌ها را در مورد امنیت غذایی افزایش داده است. اما کمبود منابع آب شیرین امکان توسعه زمین‌های کشاورزی فاریاب را در چنین شرایطی محدود می‌کند (Karandish *et al*., 2020). استفاده بهینه از منابع موجود آب و خاک، حفظ سطح زیرکشت برنج، جلوگیری از تغییر کاربری آن‌ها و بهبود معیشت کشاورزان، از دلایل مهم توجه به کشت دوم بعد از برداشت برنج است. بعلاوه، توسعه کشت دوم در آماده‌سازی بستر شالیزار برای برداشت مکانیزه برنج و افزایش انگیزه کشاورزان به ماندن در روستا می تواند بسیار مؤثر باشد. مطالعات تناسب اراضی با هدف انتخاب مناسب‌ترین محصول پس از کشت برنج در استان گیلان نشان داد که گیاهان اسفناج، لوبیا، تربچه، سیر، شاهی، شبدر، کاهو، کلزا در درجه سازگاری S2 و گیاهان گندم، هویج، جو، تریتیکاله در کلاس S3 بیشترین سازگاری را برای کشت دارند (Soltani *et al*., 2013). افزایش جمعیت و بهبود سطح تغذیه و جایگزینی مصرف روغن گیاهی به جای روغن‌های حیوانی روز به روز بر نقش و اهمیت محصولات روغنی و تلاش برای دست‌یابی به منابع جدید روغن و دانه‌های روغنی می‌افزاید (Mohajer, 2004). کلزا

۱ و ۳- به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و دانشیار، گروه مهندسی آب، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران
۲- دانشیار، گروه مهندسی آب، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران و عضو وابسته پژوهشی گروه مهندسی آب و محیط زیست، پژوهشکده حوضه آبی دریای خزر، دانشگاه گیلان، رشت، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: biglou@guilan.ac.ir)
۴- پژوهشگر مؤسسه تحقیقات برنج کشور، رشت، ایران

https://doi.org/10.22067/jsw.2024.86500.1374

(.Brassica napus L) یکی از گیاهان روغنی است که دانه کلزا دارای ۴۵ – ۴۲ درصد روغن و کنجاله آن دارای ۴۰ – ۳۶ درصد پروتئین است (Shirani Rad *et al*., 2022) و در تغذیه انسان و خوراک دام و طیور نقش مهمی دارد (Fatahinjad *et al*., 2012). روغن کلزا به دلیل ترکیب مناسب اسیدهای چرب غیراشباع و درصد محتوای اسیدهای چرب اشباع پایین آن، مانند روغن زیتون جزء با کیفیت‌ترین روغن‌های خوراکی است (Dosti Pashakalai *et al*., 2017). همچنین در سال‌های اخیر گسترش رژیم‌های غذایی گیاه‌خواری و استفاده از پروتئین‌های گیاهی به جای گوشت، دانه‌های روغنی اهمیت روزافزونی پیدا کرده‌اند (Valipourdastanai *et al*., 2018). از آنجا که بیش از نود درصد مصرف داخلی روغن خوراکی کشور از طریق واردات تأمین می‌شود و نزدیک به چهار میلیارد دلار سالانه ارز برای واردات دانه‌های روغنی از کشور خارج می‌شود (Shirani Rad *et al*., 2022) و پیش‌بینی‌ها نشان می‌دهد که مصرف سرانه آن در سال‌های آینده افزایش خواهد یافت، بنابراین اقداماتی برای گسترش کشت دانه های روغنی ضروری است. فراهم آوردن شرایط مطلوب برای توسعه‌ی کشت دوم در اراضی شالیزاری در مناطق شمالی کشور می‌تواند راهکار منطقی جهت افزایش تولید و کاهش واردات دانه‌های روغنی محسوب شود (Shahsavari *et al*., 2019; Karbasi *et al*., 2018). برداشت محصول کلزا در ایران در اراضی دیم، ۴۰۲۰۸ تن و در اراضی آبی ۲۹۳۵۷۰ تن است میزان تولید و عملکرد در هکتار محصول کلزا در ایران در اراضی آبی و دیم به‌ترتیب ۲۵۳۱۰۶,۹۷ و ۳۷۷۳۲,۷۹ تن و ۱۹۵۸,۴۰ و ۱۵۵۲,۰۰ کیلوگرم در هکتار است همچنین میزان تولید و عملکرد در هکتار محصول کلزا در استان گیلان در اراضی آبی و دیم به‌ترتیب ۳۲ و ۳۹ تن و ۱۱۴۷ و ۵۹۴ کیلوگرم در هکتار است (Agricultural statistics, 2023). با توجه به اینکه کشت کلزا در مناطق شمالی کشور علاوه بر تأمین بخشی از روغن مصرفی کشور و ایجاد درآمد برای کشاورزان به‌صورت دیم نیز قابل کشت است، لزوم توجه جدی‌تر مسئولین اجرایی و محققین علوم کشاورزی به کشت این گیاه استراتژیک را طلب می‌کند. از آنجایی که کلزا، گیاهی مدیریت‌پذیر است و پاسخ مناسبی به مدیریت بهینهٔ زراعی نشان می‌دهد، شناخت محدودیت‌ها و مدیریت مناسب آن‌ها می تواند به تولید نزدیک به پتانسیل عملکرد کمک کند. بنابراین برای توسعه سطح زیرکشت کلزا و افزایش عملکرد آن نیاز به تعیین سطوح بهینه فاکتورهای مهم به‌زراعی با رویکرد اقتصادی آن می‌باشد. علی‌رغم تناسب کشت کلزا در اراضی شالیزاری استان گیلان، به‌دلیل بارندگی فراوان در نیمه دوم سال و عدم کفایت زهکشی خاک، امکان کشت کلزا با چالش مواجه است. غرقابی یکی از مشکلات عمده در زمان کاشت کلزا است، که باعث کاهش سبز شدن و خسارت به گیاهچه در مزرعه می‌شود و به عبارتی تنش غرقابی و آب‌ماندگی یکی از مشکلات کشت کلزا در مناطق پرباران است (Shirani Rad *et al*., 2022). بنابراین بهبود زهکشی یک امر مهم برای توسعه کشت کلزا در استان گیلان محسوب می‌شود.

اراضی شالیزاری شمال کشور در پاییز و زمستان به‌دلیل بارندگی فراوان و همچنین عدم کارایی زهکش‌های موجود، اغلب دچار آب ماندگی بوده و بدون کشت باقی می‌مانند. عدم کشت اراضی شالیزاری در نیمه دوم سال منجر به پایین آمدن سطح درآمد کشاورزان و در نتیجه دلسردی آن‌ها و تغییرکاربری اراضی شده است. در صورتی‌که اراضی شالیزاری به‌طور طبیعی زهکش نداشته باشند، استفاده از روش‌های مختلف زهکشی مصنوعی الزامی می‌باشد. زهکشی در کشت دوم اراضی شالیزاری با سه هدف ۱– خشک کردن زمین و آماده کردن آن برای کشت دوم، ۲– تخلیه و دفع آب اضافی در طول دوره رشد گیاه و ۳– کنترل وضعیت حاصلخیزی خاک انجام می‌شود (Pazira, 2017). دو نوع متداول زهکشی در اراضی شالیزاری شامل زهکش سطحی و زیرزمینی یا لوله‌ای است. زهکشی زیرزمینی لانه‌موشی[1] در بسیاری از کشورها به‌عنوان یک روش مؤثر و نسبتاً کم هزینه برای تخلیه آب از خاک با نفوذپذیری کم استفاده می‌شود (King *et al*., 2014). زهکش‌های لانه‌موشی در خاک‌های رسی، ارگانیک و با چسبندگی بالا و یا در مناطقی که سطح آب زیرزمینی بالا بوده و یا خاک از نقطه نظر شوری نیاز به اصلاح دارند، از عملکرد بسیار مطلوبی برخوردار است (Polat & Bilgili, 2023). زهکش‌های لانه‌موشی، تونل‌های افقی زیرزمینی دایره‌ای شکل هستند که مانند زهکش‌های لوله‌ای عمل می‌کنند و در تخلیه آب‌های اضافی ناشی از بارندگی، آبیاری و آبشویی بسیار مؤثر بوده (Alizadeh, 2013) و در خاک‌های رسی به‌ویژه در مناطق معتدل کاربرد دارد. اگرچه هزینه ایجاد این زهکش‌ها نسبت به زهکش‌های زیرزمینی لوله‌ای کم است ولی عمر مفید آن‌ها سه تا هفت سال گزارش شده است (Singh *et al*., 2022). تجهیز اراضی شالیزاری به زهکش‌های زیرزمینی علاوه بر اثراتی که بر افزایش عملکرد برنج دارد (Darzi-Naftchali *et al*., 2012) باعث ایجاد شرایط مناسب برای کشت دوم در اراضی شالیزاری می‌شود.

دوستی پاشاکلایی و همکاران (Dosti Pashakalai *et al*., 2017) با مطالعه اثر زهکش زیرزمینی بر عملکرد کلزا در اراضی شالیزاری تجهیز و نوسازی شده دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری نشان دادند که تعداد بوته و تعداد غلاف در تیمارهای دارای زهکشی زیرزمینی به‌طور معنی‌داری بیشتر از تیمار شاهد بود، و عنوان کردند که با وجود بارندگی زیاد در مرحله جوانه‌زنی زهکش‌ها خوب عمل کرده و استقرار سطح ایستابی در عمق پایین‌تر از ۳۰ سانتی‌متر باعث جوانه‌زنی بیشتر و در نتیجه تعداد بوته بیشتر در واحد سطح شد.

1- Mole drainage

همچنین نتیجه گرفتند که عملکرد دانه در تیمارهای زهکشی با عمق ۰/۹۰ متر × فاصله ۳۰ متر، زهکشی دو عمقی (۰/۶۵ و ۰/۹۰ متر × فاصله ۳۰ متر)، زهکشی با عمق ۰/۶۵ متر × فاصله ۳۰ متر و زهکشی با عمق ۰/۶۵ متر × فاصله ۱۵ متر به‌ترتیب ۵۵، ۳۵، ۲۹ و ۲۲ درصد بیشتر از عملکرد دانه در تیمار زهکشی سطحی به‌دست آمد. سینگ و همکاران (Singh *et al*., 2022) اثر زهکشی لانه موشی را در کشت سویا و گندم در کشور هند در خاک‌های ورتیسول در شرایط بارندگی نرمال و بیش از نرمال مورد ارزیالی قرار دادند و نتیجه گرفتند که زهکشی لانه موشی عملکرد سویا و گندم را به‌ترتیب ۵۱ و ۱۲ درصد افزایش داد. همچنین کیچوف و همکاران (Kirchhof *et al*., 2000) اثر زهکشی زیرزمینی را در کشت گندم، تریتیکاله و کلزا در روش‌های مختلف مدیریت خاک مورد ارزیابی قرار دادند و نتیجه گرفتند که زهکشی با کاهش مؤثر سطح ایستابی و فراهمی هوادهی بهتر به ناحیه ریشه موجب افزایش فعالیت آن برای جذب آب و کود بیشتر شده (Darzi-Naftchali & Shahnazari, 2014) که عملکرد محصول‌ها را بین ۲ تا ۴ تن در هکتار افزایش داد.

نیتروژن نقش و اهمیتی در فرآیندهای حیاتی گیاهان دارد و عنصری است که کمبود آن بیش از سایر عناصر دیگر، تولید گیاهان کشاورزی را محدود می‌کند. مصرف نیتروژن در ابتدای مرحله گلدهی باعث تحریک رشد رویشی گیاه، طولانی شدن دوره گلدهی و افزایش میزان جذب در دسترس جوانه‌های جانبی با افزایش فتوسنتز می‌شود. این عامل باعث تحریک رشد جوانه‌های جانبی و ایجاد شاخه‌های جانبی بیشتر می‌شود (Daneshshahraki *et al*., 2017). همچنین مصرف نیتروژن باعث افزایش باروری گل‌ها و در نتیجه افزایش تعداد غلاف‌ها و وزن هزاران دانه و همچنین عملکرد دانه می‌شود (Ramee & Salimi, 2014). بررسی آزمایش‌های مختلف نشان داده است که افزایش کاربرد نیتروژن به‌دلیل افزایش تعداد غلاف در بوته و وزن هزار دانه موجب افزایش عملکرد دانه می‌شود (Ma & Herath, 2016). راهنما و جعفرنژادی (Rahnama & Jafar Nejadi, 2018) در یک آزمایش مزرعه ای طی سال‌های زراعی ۱۳۸۴–۱۳۸۳ و ۱۳۸۵– ۱۳۸۴ به مطالعه اثرات مقادیر مختلف کود نیتروژن (صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) روی رقم هایولا ۴۰۱ کلزا پرداختند، نتایج این آزمایش حاکی از آن بود که کود نیتروژن در سطح ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار بیشترین تعداد غلاف در بوته و عملکرد دانه را تولید کرد.

با توجه به لزوم زهکشی در توسعه تولید گیاهان کشت دوم در اراضی شالیزاری و اثرپذیری عملکرد گیاه کلزا از کود نیتروژن، هدف از این تحقیق بررسی اثر زهکشی لانه‌موشی و سطوح مختلف کود نیتروژن بر عملکرد و اجزاء عملکرد کلزا در اراضی شالیزاری در نظر گرفته شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تأثیر زهکشی زیر زمینی لانه‌موشی و کود نیتروژن بر عملکرد و اجزاء عملکرد کلزا بعنوان گیاه کشت دوم در اراضی شالیزاری، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی به‌صورت فاکتوریل با سه سطح زهکشی (D_0 (بدون زهکشی)، D_1 (زهکشی لانه موشی بدون گراول)، D_2 (زهکشی لانه موشی با گراول)) و دو سطح کود نیتروژن از منبع اوره (N_1 (۱۸۰ کیلوگرم در هکتار) و N_2 (۲۴۰ کیلوگرم در هکتار)) در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان در سال زراعی ۱۴۰۲– ۱۴۰۱ به‌مرحله اجرا گذاشته شد. مزرعه تحقیقاتی دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان از نظر موقعیت جغرافیایی واقع در عرض ۳۷ درجه و ۱۱ دقیقه شمالی و طول ۴۹ درجه و ۳۹ دقیقه شرقی از نصف‌النهار گرینویچ و با ارتفاع ۲۵ متر از سطح دریای آزاد در شهرستان رشت واقع شده است. استان گیلان با اعتدال هوا و بارندگی فراوان جزء مناطق معتدل و مرطوب کشور است و آب و هوای آن از نوع آب و هوای مدیترانه‌ای با رطوبتی بیشتر است. براساس داده‌های هواشناسی ایستگاه تحقیقاتی هواشناسی کشاورزی رشت که در یک کیلومتری محل اجرای طرح واقع شده مقدار بارندگی، دمای حداقل و حداکثر، ساعات آفتابی، تبخیر از تشتک و رطوبت نسبی در جدول ۱ آورده شده است.

به‌منظور اجرای آزمایش، زمین مورد نظر پس از بلوک و کرت بندی، تونل‌های افقی دایره‌ای شکل به قطر ۱۰ سانتی‌متر بعنوان زهکش زیر زمینی لانه‌موشی با تیغهٔ مخصوص (Tuohy *et al*., 2016; Polat & Bilgili, 2023) با فاصله‌های ۳ متر و در عمق ۴۰ سانتی‌متری خاک در امتداد عرض کرت‌های مورد نظر ایجاد شدند. در تیمار زهکشی لانه موشی با گراول تونل‌ها با ماسه شکسته ۰۶ که به ماسه شسته ۰۶ نیز مرسوم است به وسیله باکت شن‌ریزی که روی تیغه مخصوص آن تعبیه شده بود، پر شدند. برای تخلیه زه‌آب زهکش‌های لانه‌موشی بدون گراول و با گراول، لوله پلیکایی به قطر ۹ و طول ۵۰ سانتی‌متر در انتهای هر تونل لانه‌موشی کارگذاری شد، سپس لوله‌های مذکور به لوله فرعی (جمع‌کننده زه‌آب) و لوله‌ی فرعی هر کرت به لوله‌ی اصلی آن که هر دو به قطر ۲/۵۴ سانتی‌متر بود بوسیله رابط و اتصالات مربوطه به هم متصل و در نهایت به زهکش روباز منتهی شد (شکل ۱) و در طول دوره رشد گیاه زهکش‌ها بطور دائم باز بودند. این آزمایش در ۱۸ کرت هر یک به ابعاد ۹×۶ متر اجرا شد. فاصله بین کرت‌ها ۱/۵ متر، بین تکرارها دو متر و فاصله بین بوته‌ها ۵ و بین ردیف‌ها ۲۵ سانتی‌متر بود. عملیات کاشت در ۹ آبان ماه به‌صورت دستی انجام شد. پس از رسیدن بوته‌ها به دو–سه برگی عملیات تنک کردن صورت گرفت و تراکم بوته ۲۷ بوته در هر متر مربع (فاصله بین بوته‌ها حدوداً ۱۵ و بین ردیف‌ها ۲۵ سانتی‌متر) در نظر گرفته شد. برای جلوگیری از اثر پذیری تیمارهای زهکشی از تیمارهای بدون زهکشی،

کرت‌های بدون زهکشی در انتهای زمین در نظر گرفته شدند (شکل ۱).

گیاه کلزا (*Brassica napus*) رقم دلگان (Dalgan) به‌عنوان گیاه کشت دوم انتخاب شد. رقم دلگان به روش گزینش شجره‌ای تغییر شکل یافته از یک هیبرید خارجی به‌دست آمده که از مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر تهیه شد. قبل از کشت، کودهای شیمیایی پایه، ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار فسفر از منبع فسفات آمونیوم اعمال شد. با توجه به مقدار زیاد بارندگی در طول دوره رشد گیاه کشت در شرایط دیم بود. کود نیتروژن از منبع اوره در سطح ۱۸۰ (N_1) و ۲۴۰ (N_2) کیلوگرم در هکتار به مقدار مساوی در سه مرحله اعمال شد.

به‌طوری‌که مرحله اول در تاریخ ۹ آذر ماه در مرحله سبز شدن و جوانه زدن بذر (قبل از چند برگی شدن)، مرحله دوم در تاریخ ۱۴ دی ماه در مرحله ۶ تا ۸ برگی (پس از خاتمه مرحله روزت) زمانی که دمای هوا هنوز پایین بود و بوته‌ها در آغاز خروج از خواب زمستانه بودند و مرحله سوم در تاریخ ۳۰ بهمن ماه در مرحله غنچه‌دهی و ساقه رفتن گیاه (پیش از مرحله گلدهی) در تمامی کرت‌ها به‌صورت دستی پخش شد.

برای تعیین بافت خاک، از روش هیدرومتری استفاده شد (Jafarzadeh *et al*., 2014). میزان توزیع فراوانی شن ۸/۹، سیلت ۴۴/۵ و رس ۴۶/۶ درصد به‌دست آمد و بافت خاک براساس مثلث بافت خاک، سیلتی رس تعیین شد. مقادیر برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل انجام آزمایش قبل از اجرای طرح در دو عمق مختلف به‌ترتیب در جداول ۲ و ۳ نشان داده شده است.



شکل ۱- طرح سیستم زهکشی لانه موشی (A)، نحوهٔ ایجاد آن و ترک خوردن خاک (B) با تیغهٔ مخصوص (C) و تجهیزات کنترل زه‌آب برای اندازه‌گیری پارامترهای مورد نظر در کرت‌ها با تیمارهای زهکشی و کود نیتروژن (D_0 (بدون زهکشی)، D_1 (زهکشی لانه موشی بدون گراول)، D_2 (زهکشی لانه موشی با گراول)، N_1 (۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) و N_2 (۲۴۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار)

Figure 1- Design of the mole drainage system (A), how to create it (B) with a special blade (C) and drainage control equipment to measure the desired parameters in plots with drainage and nitrogen fertilizer treatments (D0 (no drainage), D1 (mole drainage without gravel), D2 (mole drainage with gravel), N1 (180 kg of nitrogen per hectare)) and N2 (240 kg of nitrogen per hectare)

جدول ۱- اطلاعات هواشناسی مربوط به دوره رشد کلزا (سال زراعی ۱۴۰۲-۱۴۰۱)

Table 1- Meteorological information related to rapeseed growth period (crop year 2022-2023)

ماه Month	دمای حداکثر MaxTem (°C)	دمای حداقل MinTem (°C)	ساعات آفتابی SunHrs (hr)	رطوبت نسبی RH (%)	تبخیر از تشت EPan (mm)	بارندگی Rain (mm)
مهر (October)	25.8	17.3	4.09	82.61	2.1	3.47
آبان (November)	19.7	10.4	2.93	85.63	1.1	3.91
آذر (Decenber)	14.1	7.6	2.54	90.45	0.8	3.36
دی (January)	11.8	2.6	3.38	86.89	0.7	1.82
بهمن (February)	11.6	1.9	3.57	84.99	0.9	1.88
اسفند (March)	18.5	7.2	4.32	79.39	1.8	2.50
فروردین (April)	20.5	9.3	5.01	76.15	2.5	1.41
اردیبهشت (May)	23.0	13.3	4.73	80.87	2.3	3.36
خرداد (June)	30.4	18.6	8.82	72.98	4.5	0.00

جدول ۲- برخی خصوصیات فیزیکی خاک محل انجام پژوهش قبل از اجرای طرح

Table 2- Some physical characteristics of the soil in the research area before the implementation of the project

عمق خاک Soil depth (cm)	رطوبت اشباع Saturated moisture (%)	جرم مخصوص حقیقی ρ_s (gcm^{-3})	جرم مخصوص ظاهری ρ_b (gcm^{-3})	تخلخل Porosity (%)
0-15	50.60	2.61	1.67	42
15-30	50.34	2.62	1.69	35

جدول ۳- برخی ویژگی‌های شیمیایی خاک محل انجام پژوهش قبل از اجرای طرح

Table 3- Some chemical characteristics of the soil of the research site before the implementation of the project

عمق خاک Soil depth (cm)	اسیدیته pH -	هدایت الکتریکی عصاره اشباع ECe ($dS\ cm^{-1}$)	کربن آلی خاک SOC (%)
0-15	7.6	1.475	3.03
15-30	7.5	1.467	2.20

در مرحله برداشت با در نظر گرفتن حاشیه‌ها در تاریخ ۲۹ اردیبهشت ماه سال ۱۴۰۲، ده بوته به‌طور تصادفی برای تعیین صفات تعداد دانه در غلاف شاخه‌های فرعی، تعداد دانه در هر غلاف، وزن دانه در شاخه فرعی، وزن دانه در شاخه اصلی و وزن دانه در بوته انتخاب به‌صورت دستی و به روش کف بر برداشت شدند. همچنین برای تعیین عملکرد دانه از هر کرت به‌طور تصادفی از سطح یک متر مربع با در نظر گرفتن حاشیه ها انتخاب و گیاهان از ناحیه طوقه به‌صورت دستی کف بر شدند. پس از انتقال به سایت آزمایشگاه جهت خشک شدن کامل آن‌ها به مدت دو روز در هوای آزاد و در معرض آفتاب قرار داده شدند. میزان رطوبت دانه‌ها پس از نمونه‌برداری اندازه‌گیری و زمانی که به حد مطلوب رسید، دانه‌ها از غلاف جدا و محصول هر کرت به‌صورت جداگانه خرمنکوبی شدند. سپس به‌وسیله ترازوی آزمایشگاهی با دقت یک هزارم گرم توزین و عملکرد دانه برحسب کیلوگرم در هکتار محاسبه شد.

برای تعیین درصد روغن، چهار گرم دانه از هر تیمار آزمایشی نمونه برداری و به‌وسیله دستگاه SOXTEC SYSTEM HT 1043 Extraction Unit اندازه‌گیری شد. برای تعیین درصد پروتئین دانه مقداری دانه کلزا به‌طور تصادفی نمونه‌برداری و در آون تهویه‌دار در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲۴ ساعت قرار داده و سپس آسیاب شد و با استفاده از دستگاه کجلدال مدل PDU-500 پروتئین دانه اندازه گیری شد (Emami, 1996). تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۴) و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

اجزاء عملکرد

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر سامانه زهکشی لانه موشی بر وزن دانه در شاخه فرعی و اثر کود نیتروژن بر تعداد دانه در غلاف شاخه فرعی و تعداد دانه در هر غلاف ($P\leq0.05$) معنی‌دار بودند (جدول ۴).

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین تعداد دانه در غلاف‌های شاخه فرعی و تعداد دانه در هر غلاف به‌ترتیب با ۲۵/۷۹۱ و ۲۵/۰۲۲ در سطح کود نیتروژن ۲۴۰ کیلوگرم (N_2) بر هکتار و کمترین آن‌ها به‌ترتیب با ۲۳/۶۱۵ و ۲۳/۶۱۳ در سطح کود ۱۸۰ کیلوگرم بر هکتار (N_1) مشاهده شد (جدول ۵). بنابراین با افزایش سطح کود از ۱۸۰ به ۲۴۰ کیلوگرم بر هکتار تعداد دانه در غلاف‌های شاخه فرعی و تعداد دانه در هر غلاف به‌ترتیب ۸/۴۳ و ۵/۶۳ درصد افزایش یافت. انطباق افزایش تعداد دانه در غلاف با افزایش سطح کود نیتروژن را می‌توان به در دسترس بودن نیتروژن به مقدار لازم و استفاده صحیح از این مقدار توسط گیاه و کاهش تلفات نیتروژن از طریق آبشویی در تیمار بدون زهکشی نسبت داد (جدول ۵). نتایج این پژوهش مبنی بر اینکه افزایش تعداد دانه در غلاف با افزایش کود نیتروژن همراه بوده با نتایج پژوهش ربیعی (Rabiei, 2011) مطابقت دارد. نوریانی (Nouriani, 2012) بیشترین میزان تعداد دانه در غلاف را در تیمار کود نیتروژن ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار با میانگین ۲۳/۵ گزارش کرده که کم‌تر از میزان به‌دست آمده در این پژوهش است. شواهد نشان می‌دهد که در مناطق با بارندگی بالا اگر حالت غرقابی ایجاد نشود با عملیات زراعی مناسب، عملکرد محصولات می‌تواند از نواحی با بارندگی کم بیشتر باشد (Blott & Knight, 2006).

همچنین نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین وزن دانه در شاخه فرعی با ۰/۷۰ گرم در تیمار زهکشی لانه‌موشی با گراول (D_2) که با تیمار زهکشی لانه‌موشی بدون گراول (D_1) اختلاف معنی داری نداشت و کمترین آن با ۰/۶۲ در تیمار بدون زهکشی (D_0) بود که با تیمار زهکشی لانه‌موشی بدون گراول اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۵). بنابراین زهکشی لانه‌موشی بر وزن دانه در شاخه فرعی تأثیر مثبتی داشت به‌طوری‌که وزن دانه در شاخه فرعی در زهکشی لانه‌موشی با گراول در مقایسه با شرایط بدون زهکشی ۱۱/۴۳ درصد بیشتر بود. بنابر این می‌توان چنین استنباط کرد که در شرایط زهکشی بهبود وضعیت هوازی خاک باعث توسعه ریشه‌ها شده که گیاه با جذب مواد غذایی مورد نیاز خود توانسته وزن دانه در شاخه فرعی را افزایش دهد (Darzi-Naftchali & Shahnazari. 2014). ولی شرایط غرقابی از طریق تأثیر بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک خاک، رشد ریشه و سرانجام رشد گیاه را محدود ساخته است.

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر سامانه زهکشی، سطح کود نیتروژن و اثر متقابل آن‌ها بر درصد روغن معنی‌دار نبود. ولی اثر سامانه زهکشی بر درصد پروتئین دانه ($P\leq0.05$)، بر وزن دانه در شاخه اصلی، وزن دانه در بوته و عملکرد ($P\leq0.01$)، و اثر متقابل آن‌ها بر وزن دانه در شاخه اصلی و وزن دانه در بوته ($P\leq0.05$) و برعملکرد دانه ($P\leq0.01$) معنی‌دار بود (جدول ۶).

هر چند اثر سامانه زهکشی، سطح کود نیتروژن و اثر متقابل آن‌ها بر درصد روغن معنی‌دار نبود. ولی مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که وجود سامانه زهکشی لانه‌موشی بدون گراول بر درصد روغن تأثیر مثبتی داشت. همچنین مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که افزایش سطح نیتروژن درصد روغن را کاهش داد (جدول ۷).

جدول ٤- نتایج تجزیه واریانس تعداد دانه در غلاف شاخه فرعی، تعداد دانه در هر غلاف و وزن دانه در شاخه فرعی در تیمارهای مختلف زهکشی لانه‌موشی و سطوح کود نیتروژن

Table 4- The results of variance analysis of the number of seed in the sub branch pod, the number of seed in each pod and the seed weight in the sub branch in different treatments of mole drainage and nitrogen fertilizer levels

منابع تغییرات (S.O.V.)	درجه آزادی (df)	مربعات (MS)		
		تعداد دانه در غلاف شاخه فرعی Number of seeds in the pod of the submain branch	تعداد دانه در هر غلاف Number of seeds in each pod	وزن دانه در شاخه فرعی Weight of seeds in the submain branch
Replication تکرار	2	94353^{ns}	4624.5^{ns}	0.00043889^{ns}
سامانه زهکشی لانه موشی (D) Mole drainage system	2	5.3333^{ns}	1.51256^{ns}	0.009872^{*}
کود نیتروژن (N) Nitrogen fertilizer	1	127.8356^{*}	53.6233^{*}	0.00347222^{ns}
D×N	2	4.5215^{ns}	2.98516^{ns}	0.0034722^{ns}
Error خطا	10	3795.21	62457.10	0.00189889
ضریب تغییرات (CV%)	-	1.27357	0.9120385	6.563785

ns، ** و * به ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.

ns, ** and *: non-significant, significant at p≤0.01 and p≤0.05, respectively.

جدول ۵- نتایج مقایسه میانگین تعداد دانه در غلاف شاخه فرعی، تعداد دانه در هر غلاف و وزن دانه در شاخه فرعی کلزا در تیمارهای مختلف زهکشی لانه موشی و سطوح کود نیتروژن

Table 5- The comparison results of average number of seed per subbranch pod, number of grain per pod and seed weight per sub branch in different mole drainage treatments and nitrogen fertilizer levels

تیمار Treatment	تعداد دانه در غلاف شاخه فرعی Number of seeds in the pod of the submain branch	تعداد دانه در هر غلاف Number of seeds in each pod	وزن دانه در شاخه فرعی Weight of seeds in the submain branch
سامانه زهکشی لانه موشی Mole drainage system			
بدون زهکشی (D0) Without drainage	25.147[a]	24.485[a]	0.620[b]
زهکشی بدون گراول (D1) Drainage without gravel	24.481[a]	24.379[a]	0.672[ab]
زهکشی با گراول (D2) Drainage with gravel	24.481[a]	24.088[a]	0.700[a]
کود نیتروژن Nitrogen fertilizer			
۱۸۰ کیلوگرم در هکتار (N1) 180 (kgha^{-1})	23.615[b]	23.613[b]	0.650[a]
۲۴۰ کیلوگرم در هکتار (N2) 240 kgha^{-1})	25.791[a]	25.220[a]	0.678[a]

میانگین‌هایی که دارای یک حرف مشترک می‌باشند در سطح احتمال ۵ درصد آزمون توکی تفاوت معنی‌داری ندارند.

Averages that have a common letter are not significantly different at the 5% probability level of Tukey's test.

جدول ٦- نتایج تجزیه واریانس وزن دانه در شاخه اصلی، وزن دانه در بوته، درصد روغن و عملکرد دانه در تیمارهای مختلف زهکشی لانه موشی و سطوح کود نیتروژن در سال زراعی ۱٤۰۲-۱٤۰۱

Table 6- The results of variance analysis of seed weight in the main branch, seed weight per plant, oil percentage and seed yield in different treatments of mole drainage and nitrogen fertilizer levels in the crop year 2022-2023

منابع تغییرات (S.O.V.)	درجه آزادی (df)	میانگین مربعات (MS) وزن دانه در شاخه اصلی Weight of seeds in the main branch	وزن دانه در بوته Weight of seeds in the plant	درصد روغن Oil percentage	درصد پروتئین Protein percentage	عملکرد دانه Seed yield
تکرار (Replication)	2	0.001906[ns]	0.0037[ns]	46.886172[ns]	0.202[ns]	7417.9559[ns]
سامانه زهکشی لانه موشی (D) Mole drainage system	2	0.00936[**]	0.04[**]	35.390872[ns]	5.43[*]	74411.0236[**]
کود نیتروژن (N) Nitrogen fertilizer	1	0.00125[ns]	0.0006[ns]	1.227222[ns]	0.008[ns]	1102.222236[ns]
D×N	2	0.00207[*]	0.011[*]	21.45093889[ns]	0.155[ns]	20909.1559[*]
خطا (Error)	10	0.00121	0.0039	17.0828656	0.745	7788.3036
ضریب تغییرات (CV%)	-	4.97992	0.0039	11.98862	4.914	14.269827

ns، ** و * به‌ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.

ns, ** and *: non-significant, significant at p≤0.01 and p≤0.05, respectively.

سیمور و همکاران (Seymour *et al.*, 2016) در طی پژوهشی گزارش کردند که بین مقدار روغن و مقدار نیتروژن مصرفی همبستگی منفی وجود دارد و هر چه نیتروژن بیشتری مصرف شود مقدار روغن کاهش می‌یابد. ربیعی (Rabiei, 2011) در مطالعه‌ای تأثیر سطوح کود نیتروژن بر میزان روغن دانه و پروتئین دانه در اراضی شالیزاری استان گیلان را مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند که میزان روغن دانه و پروتئین دانه تحت تأثیر میزان مصرف نیتروژن بوده، به‌طوری‌که هر چه مصرف نیتروژن افزایش یابد، میزان روغن دانه کاهش می‌یابد. همچنین نتایج پژوهش حاضر با نتایج پژوهش نوریانی (Nouriani, 2012)، احمد و همکاران (Ahmad *et al.*, 2007) و امان‌الله و همکاران (Amanulla *et al.*, 2002) مبنی‌بر این‌که با افزایش مصرف نیتروژن، درصد روغن دانه کاهش پیدا می‌کند، مطابقت دارد. نتایج پژوهش حاضر با پژوهش سلحشوردلیوند و همکاران (Selahshor Delivand *et al.*, 2016) مبنی‌بر اینکه تأثیر زهکشی سطحی بر

درصد روغن معنی‌دار نشده، مطابقت دارد. شریعت‌احمدی و همکاران (Shariat Ahmadi, 2013) و فرزام‌صفت (Farzam Saft, 2013) طی پژوهشی مشاهده کردند که هر چه مدت زمان غرقاب ماندن زمین بیشتر باشد درصد روغن به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد.

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین درصد پروتئین با ۱۸/۶۱ درصد در تیمار بدون زهکشی (D_0) که با تیمار زهکشی لانه موشی با گراول (D_2) اختلاف معنی‌داری نداشت، و کمترین آن با ۱۶/۷۶ درصد در تیمار زهکشی لانه موشی بدون گراول (D_1) بدست آمد. نتایج حاصله حاکی از آن است که زهکشی از نظر درصد پروتئین دانه بر عکس عملکرد دانه بوده، بطوری‌که تیمارهای زهکشی لانه موشی بدون گرول و با گراول نسبت به تیمار بدون زهکشی به ترتیب ۹/۹۴ و ۷/۲۰ درصد میزان درصد پروتئین را کاهش دادند. چنین استباط می شود که. پروتئین دانه بیشتر تحت تأثیر محیط قرار می‌گیرد (Tester, 1997)، به‌طوری‌که دریس و مرعشی (Drees & Marashi. 2018) در تحقیق خود که روی گندم انجام دادند نتیجه گرفتند که درصد پروتئین دانه گندم در مزرعه زهکشی نشده بیشتر از زهکشی شده بود که نتایج تحقیق حاضرگویای آن است.

نتایج میانگین داده‌های اثر متقابل نشان داد که بیشترین وزن دانه در شاخه اصلی با ۰/۷۳۳ گرم در تیمار زهکشی لانه موشی با گراول با سطح کود نیتروژن ۱۸۰ کیلوگرم بر هکتار ($D_2 \times N_1$) بدست آمد که به غیر از تیمار $D_0 \times N_2$ با بقیه تیمارها اختلاف معنی‌داری نداشت، و کمترین آن با ۰/۶۲۷ گرم در تیمار بدون زهکشی با سطح کود ۲۴۰ کیلوگرم بر هکتار ($D_0 \times N_2$) بدست آمد که با تیمارهای $D_0 \times N_1$، $D_1 \times N_1$ و $D_2 \times N_2$ اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل ۲). در کل نتایج حاصله حاکی از آن است که سامانه زهکشی بر وزن دانه در شاخه اصلی تأثیر مثبتی داشت و تیمارهای اثر متقابل زهکشی با سطح کود نیتروژن ۱۸۰ کیلوگرم بر هکتار، برخلاف تیمارهای اثر متقابل زهکشی با سطح کود ۲۴۰ کیلوگرم بر هکتار یک روند مشخص فزاینده‌ای داشت، به‌طوری‌که در یک سطح کود یکسان ۱۸۰ کیلوگرم بر هکتار سامانه زهکشی لانه‌موشی بدون گراول و با گراول در مقایسه با شرایط بدون زهکشی به‌ترتیب ۴/۲۴ و ۸/۱۹ درصد وزن دانه در شاخه اصلی را افزایش داده است. بنابر این می‌توان چنین استنباط کرد که میزان بارندگی در طول دوره رشد گیاه به مراتب بیشتر از نیاز آبی گیاه بوده که در شرایط بدون زهکشی به‌دلیل رطوبت زیاد خاک و حتی گاهی ماندابی شدن سطح خاک وزن دانه در شاخه اصلی کاهش یافت. درزی نفت چالی و شاهنظری (Darzi-Naftchali & Shahnazari. 2014) گزارش کرده اند که در اراضی شالیزاری، به‌دلیل شرایط غرقابی، کشت کلزا بعد از برداشت برنج به‌عنوان کشت دوم در کرت‌های بدون زهکشی امکان‌پذیر نمی‌باشد.

جدول ۷- نتایج مقایسه میانگین وزن دانه در شاخه اصلی، وزن دانه در بوته، درصد روغن و عملکرد دانه در تیمارهای مختلف زهکشی لانه موشی و سطوح کود نیتروژن در سال زراعی ۱۴۰۲-۱۴۰۱

Table 7- Comparison results of average seed weight in the main branch, seed weight per plant, oil percentage and seed yield in different treatments of mole drainage and nitrogen fertilizer levels in the crop year 2022-2023

تیمار Treatment	وزن دانه در شاخه اصلی Weight of seeds in the main branch (g)	وزن دانه در بوته Weight of seeds in the plant (g)	روغن Oil (%)	پروتئین Protein (%)	عملکرد دانه Seed yield (kgha^{-1})
سامانه زهکشی لانه موشی Mole drainage system					
بدون زهکشی (D0) Without drainage	0.6517^b	1.272^b	32.992^a	18.61^a	3153.723^b
زهکشی بدون گراول (D1) Drainage without gravel	0.7183^a	1.390^a	37.278^a	16.76^b	3447.2^a
زهکشی با گراول (D2) Drainage with gravel	0.7217^a	1.422^a	33.157^a	17.27^a	3525.723^a
کود نیتروژن Nitrogen fertilizer					
۱۸۰ کیلوگرم در هکتار (N1) 180 (kgha^{-1})	0.706^a	1.356^a	34.737^a	17.568^a	3361.764^a
۲۴۰ کیلوگرم در هکتار (N2) 240 (kgha^{-1})	0.689^a	1.367^a	34.214^a	17.525^a	3389.323^a

میانگین‌هایی که دارای یک حرف مشترک می‌باشند در سطح احتمال ۵ درصد آزمون توکی تفاوت معنی‌داری ندارند.

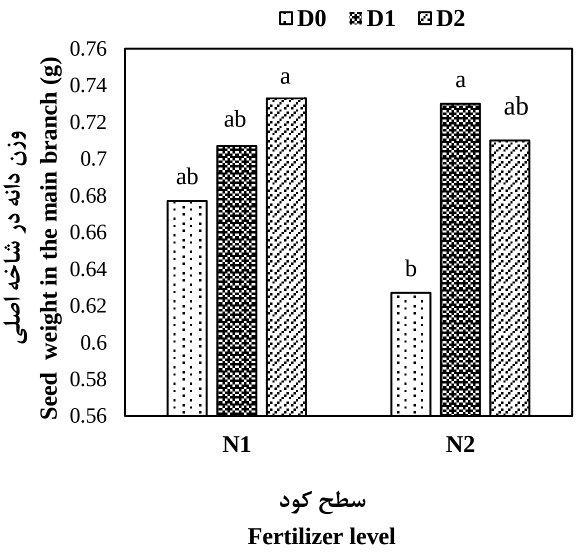
Averages that have a common letter are not significantly different at the 5% probability level of Tukey's test.

نتایج مقایسه میانگین داده‌های اثر متقابل نشان داد که بیشترین وزن دانه در بوته با ۱/۴۴۳ گرم در تیمار زهکشی لانه موشی بدون گراول با سطح کود نیتروژن ۲۴۰ کیلوگرم بر هکتار ($D_1×N_2$) بدست آمد که به غیر از تیمار $D_0×N_2$ با بقیه تیمارها اختلاف معنی‌داری نداشت، و کمترین آن با ۱/۲۴۷ گرم در تیمار بدون زهکشی با سطح کود ۲۴۰ کیلوگرم بر هکتار ($D_0×N_2$) بدست آمد که با تیمارهای $D_0×N_1$، $D_1×N_1$ و $D_2×N_2$ اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل ۳). نتایج حاصله حاکی از آن است که روند تغییرات وزن دانه در بوته براساس تیمارهای اثر متقابل زهکشی و کود نیتروژن همانند وزن دانه در شاخه اصلی بود، به‌طوری‌که در یک سطح کود یکسان ۲۴۰ کیلوگرم بر هکتار، سامانه زهکشی لانه موشی بدون گراول و با گراول در مقایسه با تیمار بدون زهکشی به‌ترتیب موجب افزایش ۱۳/۵۸ و ۱۱/۵۶ درصد وزن دانه در بوته شد. بنابراین می‌توان چنین استنباط کرد که مدیریت زهکشی لانه‌موشی همانند مدیریت آبیاری می‌تواند در افزایش میزان کارآیی مصرف کود از نظر وزن دانه در بوته در گیاه کلزا به‌عنوان گیاه کشت دوم بعد از برداشت برنج مؤثر باشد، به‌طوری‌که عسگری و همکاران (Asgari *et al*., 2018) تحقیقی که با کشت گیاه کلزا در مزرعه شالیزاری بعد از برداشت برنج انجام دادند نتیجه گرفتند که زهکشی زیرزمینی در افزایش وزن خشک برگ و شاخص سطح برگ بسیار مؤثر بوده است. همچنین صوفی‌احمدی و همکاران (Sufi Ahmadi *et al*., 2021) تحقیقی که انجام دادند نتیجه گرفتند که زهکشی زیرزمینی در افزایش تعداد برگ و ارتفاع ساقه گیاه ذرت بسیار مؤثر بوده است.

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر سطح کود نیتروژن بر عملکرد دانه معنی‌دار نبود ولی سامانه زهکشی ($P≤۰/۰۱$) و اثر متقابل سامانه زهکشی × سطح کود نیتروژن ($P≤۰/۰۵$)معنی‌دار بود (جدول ۶).

بررسی مقایسه میانگین داده‌های اثر متقابل سامانه زهکشی و کود نیتروژن بر عملکرد دانه نشان داد که بیشترین عملکرد دانه با ۳۵۷۹/۴۷۷ کیلوگرم در هکتار در تیمار سامانه زهکشی لانه‌موشی بدون گراول با سطح کود ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار ($D1×N2$) و کمترین آن با ۳۰۹۱/۷۲۳ کیلوگرم در هکتار در تیمار بدون زهکشی و سطح کود ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار ($D0×N2$) مشاهده شد (شکل ۴).

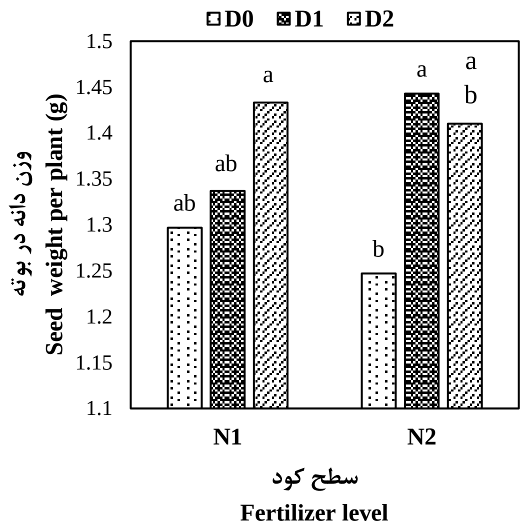


شکل ۲- مقایسه میانگین اثرات متقابل سه تیمار زهکشی در دو سطح کود نیتروژن بر وزن دانه در شاخه اصلی

Figure 2- Comparison of the average interaction effects of three drainage treatments at two levels of nitrogen fertilizer on seed weight in the main branch

اختلاف بین حروف نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین داده‌ها در سطح ۵٪ است.

The difference between the letters indicates the existence of a significant difference between the data at the 5% level



شکل ۳- مقایسه میانگین اثرات متقابل سه سیستم زهکشی لانه موشی در دو سطح کود نیتروژن بر وزن دانه در بوته

Figure 3- Comparison of the average interaction effects of three mole drainage systems at two levels of nitrogen fertilizer on seed weight per plant

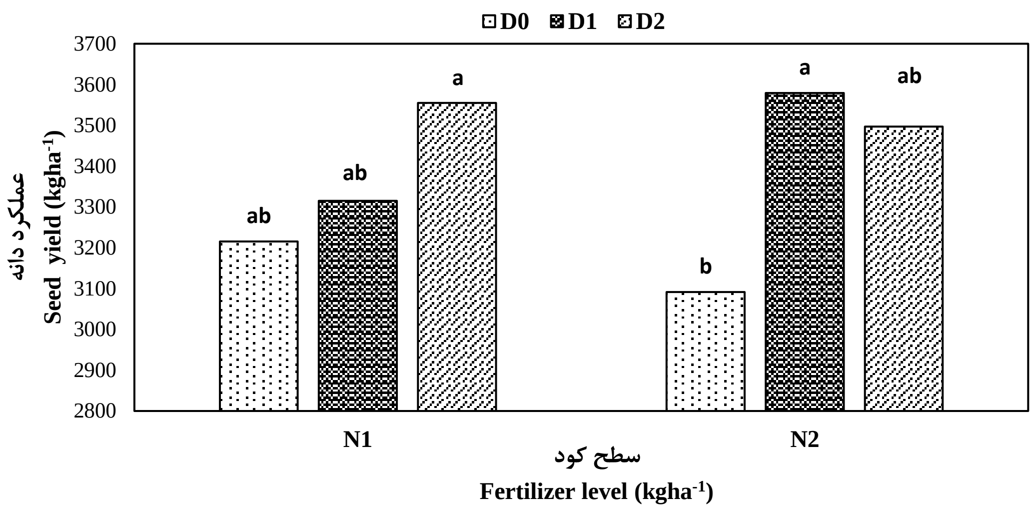
اختلاف بین حروف نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین داده‌ها در سطح ۵٪ است.

The difference between the letters indicates the existence of a significant difference between the data at the 5% level

بنابراین زهکشی لانه‌موشی بدون گراول در سطح کود نیتروژن ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار موجب افزایش ۱۳/۶۳ درصد عملکرد کلزا در مقایسه با شرایط بدون زهکشی در مزرعه شالیزاری بعد از برداشت برنج شد. کارآیی سطح کود بستگی به مقدار مناسب رطوبت خاک دارد که در تحقیق حاضر به دلیل بارندگی در طول دوره رشد گیاه و مناسب بودن رطوبت خاک با افزایش میزان کود از ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار به ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار کارآیی آن افزایش پیدا کرده است. درزی نفتچالی و شاهنظری (Darzi-Naftchali & Shahnazari, 2014) در تحقیق خود نتیجه گرفته‌اند که زهکشی زیرسطحی در مقایسه با زهکشی سطحی از نظر رطوبت خاک شرایط بهتری را برای کشت کلزا بعد از برداشت برنج فراهم می‌کند.

از آنجا که افزایش نیتروژن در شرایط مطلوب تا حد مشخصی موجب افزایش میزان پروتئین می‌گردد. با افزایش پروتئین‌ها، گیاه به توسعه سطح برگ، تعداد شاخه‌های فرعی، ارتفاع و قطر ساقه می‌پردازد که افزایش این صفات، افزایش مواد فتوسنتزی را به دنبال دارد و با افزایش مواد فتوسنتزی، میزان ماده گیاهی افزایش می‌یابد (Rahmani *et al*., 2011). در تحقیقی با افزایش سطح نیتروژن از ۱۵۰ به ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر وزن تر گیاه نعناع سبز (*Mentha spicata* L.) افزایش یافت (Chrysargyris *et al*., 2017). همچنین علی و همکاران (Ali *et al*., 1990) در تحقیقی نتیجه گرفتند که با افزایش سطح کود عملکرد محصول کلزا افزایش یافت.

بنابراین از نتایج حاصله می‌توان چنین استنباط کرد که افزایش عملکرد دانه در هر دو شرایط، عمدتا به‌دلیل افزایش تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در هر غلاف بود. مضافاً اینکه، عملکرد دانه گیاه کلزا به تعداد غلاف‌های موجود در گیاه بستگی دارد، زیرا پس از مرحله گلدهی، با کاهش سطح برگ گیاه، غلاف‌ها نقش مهمی در فتوسنتز دارند. همبستگی بالای بین تعداد غلاف و عملکرد دانه توسط بیات و همکاران (Bayat *et al*., 2008) نیز گزارش شده است. افزایش عملکرد دانه که از طریق افزایش تعداد غلاف در واحد سطح و تعداد دانه در غلاف بود، موجب افزایش میزان روغن در واحد سطح و در نتیجه باعث افزایش کل عملکرد روغن گردید. نتایج این پژوهش مبنی بر اینکه عملکرد دانه از نظر زهکشی معنی‌دار شده با نتایج سلحشوردلیوند و همکاران (Selahshor Delivand *et al*., 2016) مطابقت دارد. همچنین نتایج تحقیق حاضر با نتایج تحقیق جانستون و اسکات (Johnston & Scott, 1998) و صوفی‌احمدی و همکاران (Sufi Ahmadi *et al*., 2021) مبنی بر اینکه زهکش زیرزمینی به ترتیب موجب افزایش عملکرد دانه گیاه کلزا و ذرت می‌شود، و همچنین تایشیم و همکاران (Tuyishime *et al*., 2020) در تحقیقی مبنی بر اینکه شدت زهکشی زیر زمینی موجب افزایش عملکرد دانه و افزایش کارآیی مصرف کود نیتروژن در مزارعه شالیزاری می‌شود، مطابقت دارد.



شکل ٤- مقایسه میانگین اثرات متقابل سه سیستم زهکشی لانه موشی در دو سطح کود نیتروژن بر عملکرد دانه

Figure 4- Comparison of the average interaction effects of three mole drainage systems at two levels of nitrogen fertilizer on seed yield

اختلاف بین حروف نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین داده‌ها در سطح ٪۵ است.

The difference between the letters indicates the existence of a significant difference between the data at the 5% level.

در این راستا خلیلی‌واودره و همکاران (Khalili Vaudreh *et al.*, 2016) مطالعه‌ای که در خصوص اولویت‌بندی مکانی زهکشی زیرزمینی در محدوده پروژه آبیاری و زهکشی البرز انجام دادند، به تأثیر سامانه زهکشی در بهبود عملکرد برنج در مزارعه شالیزاری تأکید و اجرای سامانه‌های زهکشی را در اولویت دانستند. بنابراین از نتایج حاصله می‌توان چنین استنباط کرد که سامانه زهکشی لانه‌موشی در عین حال که در مزارعه شالیزاری برای بهبود عملکرد برنج مؤثر است می‌تواند برای افزایش عملکرد دانه گیاهان کشت دوم از جمله کلزا بعد از برداشت برنج نیز مؤثر باشد.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که زهکشی لانه‌موشی با بهبود شرایط تهویه‌ی خاک و جلوگیری از ماندابی شدن اراضی شالیزاری موجب افزایش عملکرد دانه کلزا به‌عنوان گیاه کشت دوم بعد از برداشت برنج شد. نتایج همچنین نشان داد که مصرف تیمار کود ۲۴۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بیشترین عملکرد دانه را داشت. زهکشی لانه موشی بدون گراول در سطح کود نیتروژن ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار موجب افزایش ۱۳/۶۳ درصد عملکرد کلزا در مقایسه با شرایط بدون زهکشی در همان سطح کود نیتروژن شد. با توجه به این که توسعه سطح زیرکشت گیاهان کشت دوم در اراضی شالیزاری به‌دلیل بارندگی فراوان و همچنین عدم کارایی زهکش‌های موجود، دارای محدودیت است، استفاده از زهکش زیرزمینی لانه‌موشی و مصرف کود ۲۴۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار می‌تواند این نقیصه را جبران و به توسعه سطح زیر کشت کلزا در اراضی شالیزاری کمک نماید. کشت کلزا در اراضی شالیزاری بعد از برداشت برنج می‌تواند به‌عنوان یک راهکار اساسی در راستای افزایش تولید دانه‌های روغنی و تأمین بخشی از روغن مصرفی کشور توصیه شود.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از شرکت سامان آبراه به‌دلیل تقبل هزینه‌های مادی و حمایت‌های معنوی در انجام این تحقیق سپاسگزاری می‌شود.

References

1. Agricultural statistics. (2023). Ministry of Agricultural Jihad, Vice President of Economic and International Planning Affairs. *Bureau of Statistics and Information Technology*. (In Persian)
2. Ahmad, G., Jan, A., Arif, M., Jan, M.T., & Khattak, R.A. (2007). Influence of nitrogen and sulfur fertilization on quality of canola (*Brassica napus* L.) under rainfed conditions. *Journal of Zhejiang University Science B, 8(10)*, 731-737. https://doi.org/10.1631/jzus.2007.B0731
3. Ali, M.H., Rahman, A.M.M.D., & Ullah, M.J. (1990). Effect of plant population and nitrogen on yield and oil content of rapeseed (*B. napus*). *Indian Journal Agriculture Sciences*, *60*(5), 347-349.
4. Alizadeh, A. (2013). *Principles of planning and designing new land drainage systems*. Publications of Imam Reza University. p. 161. (In Persian)
5. Amanulla, J., Noorullah, K., Naeem, W., & Baharullah, K. (2002). Chemical composition of canola as affected by nitrogen and sulphour. *Asian Journal of Plant Sciences*, *56*(7), 98-105. https://doi.org/10.3923/ajps.2002.519.521
6. Asgari, A., Darzi Naftchali, A., Nadi, M. & Saber Ali, S.F. (2018). Investigating the effect of surface and underground drainage on the surface of rapeseed leaves and presenting the governing mathematical equations. *Iranian Irrigation and Drainage Journal 1(6)*, 1733-1742. (In Persian)
7. Bayat, M.A.H.D.I., Rabiei, B., Rabiee, M., & Moumeni, A. (2008). Assessment of relationship between grain yield and important agronomic traits of rapeseed as second culture in paddy fields. *JWSS-Isfahan University of Technology*, *12(45)*, 475-486. https://doi.org/20.1001.1.24763594.1387.12.45.39.6
8. Blott, K.M., & Knight, A.J.P. (2006, January). Soil Moisture and canola yield in an alley farming system. In Proceedings of the Australian Agronomy Conference, Australian Society of Agronomy. Accessed (Vol. 5).
9. Chrysargyris, A., Nikolaidou, E., Stamatakis, A., & Tzortzakis, N. (2017). Vegetative, physiological, nutritional and antioxidant behavior of spearmint (*Mentha spicata* L.) in response to different nitrogen supply in hydroponics. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, *6*, 52-61. https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2017.01.006
10. Daneshshahraki, A., Kashani, A., Masgarbashi, M., Nabipour, M., & Kohi Dehkordi, M. (2017). The effect of density and nitrogen consumption on some agricultural characteristics of rapeseed. *Journal of Research and Construction*, *21*(2), 10-17. (In Persian)
11. Darzi-Naftchali, A., & Shahnazari, A. (2014). Influence of subsurface drainage on the productivity of poorly drained paddy fields. *European Journal of Agronomy*, *56*, 1-8. https://doi.org/10.1016/j.eja.2014.02.003
12. Darzi-Naftchali, A., Mir Latifi, S.M., Shahnazari, A., Ajjali, F., & Mahdian, M.H. (2012). The effect of surface and underground drainage on phosphorus losses from paddy fields during the rice growing season. *Iran Irrigation and Drainage Journal*, *6(3)*, 215-225. (In Persian)

13. Dosti Pashakalai, S., Shahnazari, A., & Jafari Taluklai, M. (2017). Investigating the performance of rapeseed as a second crop in paddy fields with underground drainage. *Journal of Water and Soil Protection Research, 24(1),* 237-249. (In Persian)
14. Drees, H., & Marashi, S.K. (2018). Investigating the effect of salicylic acid application methods on quantitative, qualitative and biochemical characteristics of wheat (*Triticum aestivum* L.) in lands with and without drainage. *Environmental Stresses in Agricultural Sciences, 12*(2), 571-561. (In Persian)
15. Ecker & Breisinger. (2012). The food Security System. Washington, D.D:.International Food Policy. 1-25.
16. Emami, A. (1996). Methods of plant analysis. Technical Journal No. 982, Soil and Water Research Institute, Tehran University Press, Tehran, Iran 367 pp. (In Persian)
17. Farzam Saft, A. (2013). Investigating the effect of depth and duration of water cut on the growth stage of rapeseed as a second crop in Gilan rice fields. Master thesis in Aburihan complex education. Pakdasht Faculty of Agriculture, Tehran University. Tehran. (In Persian with English abstract)
18. Fatahinjad, A., Siadat, A., Esfandiari, M., Moghdisi, R., & Moazi, A. (2012). The effect of phosphorus fertilizer on Yield, oil and protein of rapeseed in rainfed agriculture in different soil phosphorus fertility groups. *Journal of Crop Physiology, 5*(18), 83-100.
19. Jafarzadeh, A.A., Farajzadeh, D., & Nishaburi, M.R. (2014). Comparison of soil texture and texture class determined by hydrometer method with different number of readings. The 9th Congress of Soil Sciences of Iran. 2 pages. (In Persian)
20. Johnston, T.H., & Scott, G.C. (1998). Gravel and conventional mole drainage for dryland cropping in SE Australia. *The Australian Society of Agronomy. Available on the Url: http://www.regional.org.au/au/asa/1998/7/* 179johnston.htm
21. Karandish, F., Hoekstra, A.Y., & Hogeboom, R.J. (2020). Reducing food waste and changing cropping patterns to reduce water consumption and pollution in cereal production in Iran. *Journal of Hydrology*, *586*, 124881. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.124881
22. Karbasi, H., Mohammadzadeh, S.H., & Handizadeh, H. (2018). Analysis of factors affecting the increase in rapeseed cultivation area in rural areas, case: villages of Razavi Khorasan Province. *Space Economy and Rural Development Quarterly, 8(3),* 187-201. (In Persian)
23. Khalili Vaudreh, S., Shahnazari, A., Zia-Tabar Ahmadi, M.Kh., & Cheraghizadeh, M. (2016). Prioritizing the location of underground drainage within the scope of the Alborz irrigation and drainage project. *Watershed Management Research Paper, 8(15),* 180-190. (In Persian)
24. King, K.W., Fausey, N.R., & Williams, M.R. (2014). Effect of subsurface drainage on streamflow in an agricultural headwater watershed. *Journal of Hydrology*, *519*, 438-445. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2014.07.035
25. Ma, B.L., & Herath, A.W. (2016). Timing and rates of nitrogen fertiliser application on seed yield, quality and nitrogen-use efficiency of canola. *Crop and Pasture Science*, *67*(2), 167-180. https://doi.org/10.1071/CP15069
26. Mohajer, A.R. (2004). Iran will be selfficient in edible oil production in next 12 years. *Journal of Livestock, Cultivation and Industry*, *54*, 120-126.
27. Nouriani, H. (2012). Investigating the effect of different levels of nitrogen on yield, yield components and some quality characteristics of two varieties of rapeseed (*Brassica napus* L.). *Production and Processing of Agricultural and Horticultural Products*, 233-240. (In Persian)
28. Pazira, A. (2017). Surface drainage in paddy fields. The fifth technical workshop on drainage and environment of Iran's National Irrigation and Drainage Committee. p. 27. (In Persian)
29. Polat, M.Y., & Bilgili M.E. (2023) A brief overview to give a new perspective on mole drainage. *International Journal Agriculture Sciense Food Technology*, *9*(2), 016-020.
30. Ahmadi, M.R., & Javadfar, F. (2017). *The role of oilseed rape*. Translation. Tehran: Oilseeds Cultivation and Development Joint Stock Company Publications, 194 pages.
31. Rabiei, M. (2011). The effect of planting distance and amount of nitrogen fertilizer on seed yield and agronomic characteristics of rapeseed cultivar Hayola 308 as a second crop in the paddy fields of Gilan. *Seedling and Seed Horticulture Magazine*, *27*(4), 399-415. (In Persian). https://doi.org/10.17352/2455-815X.000185
32. Rahmani, N., Jalali-Yekta, A., Taherkhani, T., & Daneshian, J. (2011). The effect of different levels of plant density and nitrogen on the performance of marigold medicinal plant essential oil. *Scientific Research Quarterly of Crop Plants Ecophysiology*, 2-4. (In Persian)
33. Rahnama, A.A., & Jafar Nejadi, A. (2018). Determining the most appropriate level of nitrogen fertilizer in different dates of rapeseed planting in Khuzestan. *Plant Products*, *32*(1), 53-63. (In Persian)
34. Ramee, V.A., & Salimi, M.B. (2014). The effect of different amounts of nitrogen on phenology, plant height, yield components and yield of rapeseed (*Brassica napus* L.). *Oil Plant Production Journal*, *2*(1), 1-12. (In Persian)
35. Selahshor Delivand, F., Hosseinzadeh Delir, A., Fakherifard, A., Kaousi, M., Yazdani, M., & Devatgar, N. (2016). The effect of surface drainage and different levels of nitrogen fertilizer on the percentage of oil, protein and rapeseed yield. *Engineering Research of Irrigation and Drainage Structures*, *8*(2), 119-134. (In Persian)
36. Seymour, M., Sprigg, S., French, B., Bucat, J., Malik, R., & Harries, M. (2016). Nitrogen responses of canola in low

to medium rainfall environments of Western Australia. *Crop and Pasture Science*, *67*(4), 450-466.
37. Shahsavari, F., Karandish, F., & Haghighatjou, P. (2019). Potentials for expanding dry-land agriculture under global warming in water-stressed regions: a quantitative assessment based on drought indices. *Theoretical and Applied Climatology*, *137*, 1555-1567. https://doi.org/10.1007/s00704-018-2689-9
38. Shariat Ahmadi, J. (2013). Effects of depth and duration of water cut in different stages of growth for canola after rice harvest. Masters Thesis in Faculty of Agriculture, Isfahan University, Isfahan. (In Persian)
39. Singh, R., Rao, K.V., Singh, R.K., Singh, K.P., & Singh, S.K. (2022). Drainage technologies for enhancing productivity of temporary waterlogged vertisols. *Journal of Agricultural Engineering*, *59*(3), 279-292. https://doi.org/10.52151/jae2022593.1782
40. Shirani Rad, A.H., Alizadeh, B., Jabbari, H., Amiri Oghan, H., Rahmanpour, S., Sadeghi Garmaroudi, H., Safavifard, N., Kihanian, A.A., Nurqalipour, F., Mostofi Sarkari, M.K., Ivani, A., Rezaei, H., Azizi Zahan, A.A., & Razavi, R. (2022). New aspects of rapeseed cultivation in the country. Research institute for improvement and preparation of seedlings and seeds, Publication of agricultural education P. 216. (In Persian)
41. Soltani, S.M., Hanafi, M.M., Karbalaei, M.T., & Khayambashi, B. (2013). Qualitative land suitability evaluation for the growth of rice and off-seasons crops as rice based cropping system on paddy fields of Central Guilan, Iran. *Indian Journal of Science and Technology*, *6*(10), 5395-5403. https://doi.org/10.17485/ijst/2013/v6i10.15
42. Sufi Ahmadi, V., Ghobadnia, M., Naseri, A.A., Nouri Imamzadei, M.H., & Mottaghian, H.R. (2021). The effect of controlled drainage on changes in iron concentration in the effluent and its absorption in corn plants. *Iranian Water Research Journal*, *15*(3), 1-14. (In Persian)
43. Tester, R.F. (1997). Influence of growth conditions on barley starch properties. *International Journal of Biological Macromolecules*, *21*(1-2), 37-45. https://doi.org/10.1016/S0141-8130(97)00039-1
44. Tuohy, P., Humphreys, J., Holden, N.M., & Fenton, O. (2016). Runoff and subsurface drain response from mole and gravel mole drainage across episodic rainfall events. *Agriculture Water Managenent, 169*, 129–139.
45. Tuyishime, O., Joel, A., Messing, I., Naramabuye, F., Sankaranarayanan, M., & Wesström, I. (2020). Effects of drainage intensity on water and nitrogen use efficiency and rice grain yield in a semi-arid marshland in Rwanda. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B—Soil & Plant Science*, *70*(7), 578-593. https://doi.org/10.1080/09064710.2020.1817539
46. Valipourdastanai, M., Sheniranirad, A.H., Voladabadi, A.R., Sanizadeh, S., & Zakrin, H.R. (2018). The effect of winter planting date and zinc foliar application on some quality traits in oil fatty acids and yield of spring rapeseed cultivars (*Brassica napus* L.) in Karaj region. *Crop Ecophysiology Journal*, *4*(52), 589-604. (In Persian)